

## 국제에너지 현황 및 수소에너지 연구개발 동향

강석훈<sup>†</sup>, 최상진\*, 김종욱\*

\*한국에너지기술연구원 에너지정책연구부

## Analysis of the World Energy Status and Hydrogen Energy Technology R&D of Foreign Countries

Kang Seok-Hun\*, Choi Sang-Jin\*, Kim Jong-Wook\*

\*Korea Institute of Energy Research, Energy Policy Research Department,  
71-2 Jang-dong Yuseong-gu Daejeon 305-343, Korea

### ABSTRACT

The present carbon-based energy system will not last long due to its environmental and economical drawbacks. Hydrogen energy attracts more attention recently and seems to have large ripple effect on economy providing its technical, environmental and economical problems are solved. This paper analyses the situation changed from fossil to non-fossil energy system and the R&D policies of advanced countries by reviewing the world energy status and the energy policy of foreign countries. Finally, the R&D strategy of hydrogen energy technology was developed through analyzing the present states of energy research policy and programs of major countries.

**KEY WORDS** : hydrogen energy(수소에너지), R&D strategy(R&D 전략), energy policy(에너지 정책), fossil fuel(화석 연료)

### 1. 서 론

최근 화석연료 과다 사용에 따른 기후변화와 이에따른 에너지 안보 문제가 심화되면서 주요 국가들은 이에 대한 위기감을 공감하고, 지속 가능한 에너지 시스템으로의 전환을 위한 노력에 보다 많은 관심을 갖기 시작하였다. 미국을 비롯한 주요

선진국들은 화석연료 사용에 따른 이와 같은 문제로 인해 신재생에너지 관련 연구개발을 매우 중요한 분야로 선정하여 수행 중이다. 화석연료를 대체할 수 있는 신재생에너지로는 바이오매스, 태양광, 풍력, 수소 등이 존재하며 많은 국가들은 이 중 수소에너지 기술을 개발 가능성이 가장 높은 기술로 꼽았다. 수소에너지에 대한 국제적인 관심이 큰 이유는 친환경성 그리고 에너지 안보와 무관한 특성 때문이다. 최근 몇 년 사이 대부분의 국가들이 연

<sup>†</sup>Corresponding author : shkang@kier.re.kr

구개발비를 큰 폭으로 증액하였다. 미국 정부는 연구개발 예산을 매년 약 400백만\$, 일본 정부는 2001년 107백만\$에서 2005년 324백만\$까지 증액하였다. 이 외 캐나다, 유럽, 아시아 국가들 역시 연구개발 예산을 크게 증가시키는 추세로 전세계 연구개발비 총액은 연간 10억\$에 이른다.

본 연구는 국제 에너지 현황 및 국가별 에너지 정책동향 고찰을 통해 기존 화석연료 중심의 에너지 시스템 대신 수소경제로 갈 수 밖에 없는 상황을 살펴보고, 수소경제로의 전환을 위한 국가별 정책 및 기술개발 동향을 살펴왔다. 또한 이러한 분석을 통해 향후 우리나라 수소에너지 연구개발 방향성을 제시하였다.

## 2. 국제에너지 동향

### 2.1 국제 에너지 현황

#### 2.1.1 오일피크 및 기후 변화

오일 피크의 시점과 관련하여 비관론자들은 2010년 경, 낙관론자들은 30~40년 이후 도래할 것으로 예측하고 있으며, Tabel 1을 보면 향후 몇 십년 내에 도래할 것으로 보인다.

만약 향후 15년 내지 20년까지의 경제 성장률이 현재 예측한 수준일 경우, 원유 수요는 현 8천만 배럴/일에서 2030년경에는 50%이상 증가한 1억2천만 배럴/일 이상 될 것으로 전망된다<sup>2)</sup>. 현재 OPEC 국가들이 모든 설비를 최대한으로 가동함에도 불구하고 증가하는 원유 수요를 따라잡지 못해 유가가 계속 상승하고 있다. EIA(2004년)<sup>3)</sup>에 따르면 중국의 급속한 경제 성장으로 인해 최근 원유 수요가 급격히 증가하였고, 중국의 원유 소비는 현재 6.3백만 배럴/일에서 2025년 경 3천3백만 배럴/일을 넘어설 것으로 예상하였다<sup>3)</sup>. 인도와 같은 다른 아시아 국가들의 석유 소비도 증가할 것으로

Table 1 An estimated deposit of oil(billions barrels)<sup>1)</sup>

Author	Author	Year	Estimated ultimate reserves	Peak year
Hubbert	Shell	1969	2100	2000
Bookout	Shell	1989	2000	2010
Mackenzie	Researcher	1996	2600	2007-2019
Appleby	BP	1996		2010
Invanhoe	Consultant	1996		2010
Edwars	University of Colorado	1997	2836	2020
Cmpbell	Consultant	1997	1800-2000	2010
Bernaby	ENI	1998		2015-2035
IEA	OECD	1998	2800	2010-2020
EIA	us DOE	1999	4700	2030
Laherrere	Consultant	1999	2700	2010
USGS	International Department	2000	3270	
Salameh	Consultant	2000	2000	2004-2005
Deffeyes	Princeton University	2001	1800-2100	2004

예상되며, EIA의 전망에 따르면 미국도 유럽 보다 두 세배 정도 증가할 것으로 전망하였다. 유엔의 '제4차 기후변화보고서'는 지금과 같이 석유, 석탄 등 화석연료에 의존한 인류의 생활이 계속되면 21세기말 지구의 평균기온이 최대 6.4도 상승하고 해수면은 59 cm까지 상승할 것이라고 경고하였다. 또한 지난 100년(1906년~2005년) 동안 지구의 평균 기온이 0.74도까지 올랐다고 밝히면서 2001년 발표한 내용 보다 한층 더 지구온난화의 심각성을 경고하였다.

#### 2.1.2 개발도상국 수요 급증

최근 경제가 급부상하는 중국과 인도와 같은 개발도상국들은 전 세계 에너지 자원 소비의 상당 부분을 차지하기 시작하였으며, 특히 이들 국가들은 급격한 경제성장 뿐만 아니라 인구 비중도 높아 조만간 선진국을 앞지를 전망이다. 이러한 급성장하는 개발도상국의 에너지 소비에 대해 선진국들은 인구 성장을 줄이고 배출 수준을 감소하는

a Energy Information Administration의 약자로서, 미국의 DOE 산하의 에너지 관련 정보 구축기관으로 매년마다 IEO(International Energy Outlook)을 출간하고 있음.

정책이 필요하다고 지적하고 있지만, 한편에서는 현재 기후변화의 책임이 과거 선진국들의 무절제한 에너지 소비와 온실가스 배출로 인한 것이기 때문에 적어도 이들 국가들에게 기존의 선진국들이 누린 것과 같은 경제성장의 기회가 주어져야 한다는 의견도 있다.

개발도상국의 가장 수요가 큰 에너지원은 석유이며, 대부분의 석유 소비는 수송부문에 발생한다. IEA(2005)의 전망에 따르면 2020년 경 수송 부문이 가정/서비스 부문 보다 더 많은 최종 수요 부문을 차지하게 될 것으로 예상하였고 향후 수소 연료전지, 대체연료(GTL, CTL) 그리고 바이오디젤과 같은 혁신적인 기술의 개발 없이는 전 세계 석유 소비의 절반 이상이 수송 부문에 소비될 것으로 예측하였다. 수송 부문의 에너지 수요는 국제적으로 계속 증가하는 추세를 보이고 있으며 그 중 중국, 인도 그리고 다른 몇몇 아시아 국가들에서 특히 그 추세가 크다. 현재 중국의 경제 성장과 차량 보유 증가 추세가 지속될 경우 2025년 경에는 약 18억대의 새로운 차량이 시장에 보급되고 이에 따라 연료 소비는 천문학적으로 증가할 것으로 전문가들은 지적한다.

## 2.2 장기에너지 전망

### 2.2.1 IEA 국제에너지전망 2006

국제에너지전망 2006(이후 WEO(2006년))은 크게 기준시나리오(Reference Scenario<sup>b</sup>)와 대안정책 시나리오(Alternative Policy Scenario<sup>c</sup>)를 근간으로 에너지 전망을 수행하였다<sup>4)</sup>. 기준 시나리오에 따르면 2005년부터 2030년까지의 일차 에너지 수요는 53%까지 증가하고, 년 평균 증가율은 약 1.6%일 것으로 전망하였다. 특히 전망 기간 동안

증가치의 70%는 개발도상국의 수요 증가에 기인하고, 그 중 30%는 중국의 에너지 수요 급증 때문일 것으로 분석하였다. 개발도상국의 인구 및 경제 성장은 OECD 국가 보다 훨씬 빠른 성장 속도로 증가하여 전체 에너지 수요 중심이 OECD 국가에서 개발도상국으로 이동하는 현상이 나타났다. 일차에너지 증가치의 절반 이상이 발전 부문에 사용되고 20%이상이 수송 부문에 사용되는 것으로 나타났다. 화석연료는 2030년까지 주요 에너지원으로 사용되어 총 에너지 증가치의 83%를 차지할 것으로 전망되었다.

### 2.2.2 미국 국제에너지전망 2006

미국 국제에너지전망(International Energy Outlook) 2006은 2003년부터 2030년까지의 에너지 소비는 연간 약 2.0%로 WEO 보다 높게 증가할 것으로 전망하였다. 2030년까지 가장 뚜렷한 에너지 소비 증가 지역은 비 OECD 국가로 나타났으며 중국, 인도가 포함된 아시아 국가의 에너지 수요 증가율은 평균 3.7%, 중앙, 남아시아의 경우 2.8%, 아프리카 2.6%, 중동 2.4%, 나머지 비 OECD 국가는 1.8%로 나타났다. 이러한 증가 추세는 비 OECD 국가들의 경제 성장률이 연간 5.0% 정도 증가하는 반면 OECD 국가의 평균 증가율은 2.6%에 그쳤다. OECD 국가들은 에너지 인프라의 안정화에 따라 성숙한 에너지 소비 단계에 접어들었기 때문에 연간 1.0%의 에너지 수요 증가를 보인 반면, 비 OECD 국들의 경우 3.0%로 세배정도 큰 수치를 나타내 향후 비 OECD 국가들의 에너지 인프라의 안정화가 필요한 것으로 나타났다.

### 2.2.3 EU 에너지 및 기후변화 정책

WETO(World Energy Technology and Climate Policy Outcome)는 2030년까지의 에너지 수요는 연간 1.8% 증가하고, 경제성장(3.1%)과 인구 증가(1%)에 따른 영향은 에너지 집약도(Energy Intensity)가 연간 1.2% 감소되어 완화<sup>d</sup>될 것으로 전망하였다<sup>5)</sup>. 이는 유가 고공 행진과 기술

b Reference Scenario의 정의에 대해서는 여러 가지 의견들이 있으나, 현재 진행 중인 정책적 수단을 고려한 기술적인 진보 및 에너지 효율 개선이 전망기간동안 계속된다고 가정하는 경우를 의미

c Alternative Policy Scenario : 에너지 안보 및 온실가스 배출을 감축하기 위한 정부의 새로운 시책과 수단을 포함하는 시나리오

진보에 따른 경제 구조의 변화에 기인한 것으로 보인다. 그러나 개발도상국의 에너지 수요는 계속 증가하여 2030년 경에는 에너지 수요의 절반 이상을 차지할 것으로 전망하였다. 화석연료는 2030년까지 전 세계 에너지 시스템에 주도적인 역할을 하고 총 에너지 공급의 약 90%를 차지하여(원유, 석탄 각각 34%, 28%를 차지) 지속적으로 주요 에너지원으로 이용될 것으로 분석하였다.

### 2.3 에너지원별 장기 전망

IEA WEO(2006년)는 원유 수요는 2005년과 2030년 사이 연간 1.3% 증가하고, 2015년에는 99백만 배럴/일, 2030년에는 116백만 배럴/일까지 증가할 것으로 전망하였다. 증가치의 70%는 개발도상국의 수요로 인한 것으로 개발도상국의 수요 증가치는 2.5%로 전망하였다. OECD 국가의 증가치는 연간 0.6%에 머물렀고, 부문별 원유 소비는 대부분 수송 부문에서 소비되었다. 원유 공급은 소수 나라에 의존하는 형태를 보이며, OPEC 국가들의 총 공급 비중은 현재 40%에서 2015년은 42%, 2030년 경에는 약 48%까지 증가할 것으로 전망하였다. 천연가스 생산은 지속적으로 증가할 것으로 전망되었다. 중동 지역의 생산량이 가장 큰 폭으로 증가할 것으로 전망되었으며, 발전 부문에서 총 수요 증가치의 절반 이상이 소비될 것으로 예측하였다. 현 수준의 오일 생산 설비를 유지하기 위해서는 향후 지속적인 투자가 필요하지만, 민족주의(Nationalism)를 비롯한 다른 여러 가지 요소들 때문에 힘들 것으로 전망하였다. 이로 인해 OPEC 국가들의 원유 생산 증가가 둔화되고, 국제 원유가가 상승하여 가스와 석탄 단가도 증가할 것으로 전망하였다. 석탄 수요는 연간 1.8% 증가할 것으로 전망되었고 총 에너지 수요에 대한 비중은 약 25% 정도로 거의 일정한 수준이 유지될 것으로 전망하였다. 석탄 사용량은 2015년 32%, 2030년

59%로 WEO(2005년)에서 전망한 수치 보다 높게 증가하는 것으로 전망되었고, 총 수요 증가치의 86%가 중국과 인도와 같은 아시아 개발도상국에서 발생할 것으로 전망되었다. 상대적으로 OECD 국가들의 증가율은 둔화되는 양상을 보였다.

## 3. 주요국 에너지 정책 현황

### 3.1 화석에너지 한계 공감

국가별로 특히 에너지 자립도가 낮은 국가들은 에너지 자원 확보를 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 석유와 천연가스의 경우 몇몇 국가를 제외하고 대부분 수입에 의존하기 때문에 장기적으로 수입 경로 확보 노력이 계속 진행될 것이다. 특히 경제 대국이자 석유 수입 규모가 큰 미국, 중국, 일본의 석유 안보는 다른 나라들 보다 더욱 절실하기 때문에 이들 국가의 자원 확보, 특히 원유를 중심으로 한 노력에 초점을 맞추어 분석하였다.

최근 러시아와 우크라이나 간의 가스 공급 중단 사태는 우크라이나 뿐만 아니라 유럽연합(EU) 국가들을 불안에 떨게 했다. 이는 화석연료 확보를 위한 국가 간의 경쟁이 얼마나 심각한지 간접적으로 보여주는 사건이었다. 또한 미국과 이라크 간의 검은 황금(Black Gold)을 차지하기 위한 갈등과 최근 이란의 원자력 활동 재개 및 이에 따른 국제적인 제재 조치는 또 다른 파장을 예견한다. 세계 2위의 석유 소비 대국인 중국은 경제의 고속 성장, 에너지 사용의 비효율성과 에너지 공급원의 단일성으로 에너지 부족을 겪고 있다. 에너지원 확보 전략으로 중국 국영해외석유공사는 미국의 거대 원유 회사인 유노칼(Unocal)을 인수하려다 실패한 뒤 아프리카와 라틴 아메리카의 유전을 기존보다 40% 높은 가격으로 사들이고 있다<sup>d</sup>. 석유를 둘러싼 갈등은 동맹국 사이에도 나타나고 있는데, 대표적인 예가 미국과 일본 간의 석유 갈등이다. 2004년 일본은 이란에 200억 달러를 투자해 이란 아자데간 유전배당 협의를 달성했다고 선포함으로써

d 본 보고서에서 인용된 모든 데이터는 Reference Scenario, 즉 추가적인 정책이나 수단의 변화 없이 기술개발이 현재의 진행 수준으로 계속되는 경우(Business As Usual)를 가정하고 있다.

e SERI 전망 2006

써 미국과 이란 사이에 핵개발 의혹을 둘러싸고 긴장이 고조되는 시점에 미국의 경고를 무시하고 이란과 석유개발 합작을 진행하였다. 일본이 전략 동맹국인 미국과 상충되는 모험을 하면서까지 이란과 개발 합작을 시도한 것은 에너지 안보가 그만큼 절박하다는 사실을 보여준다<sup>1)</sup>.

### 3.2 수소에너지 부각

최근 화석에너지 시스템 사용의 한계와 부작용으로 인한 주요 국가들 간의 충돌이 증가하면서 지속 가능한 에너지 시스템으로의 전환을 위한 노력이 고조되고 있다. 미국을 비롯한 주요 선진국들은 신재생에너지 관련 연구개발을 매우 중요한 분야로 선정하여 수행 중이다. 수소에너지에 대한 국제적인 관심이 크게 증가한 이유는 수소의 친환경성과 달리 에너지 안보와 무관한 특성 때문으로 이를 정리하면 다음과 같다.

- 석탄, 원자력, 신재생 에너지 등 다양한 국내 자원으로부터의 생산 가능
- 고효율 연료전지, 연소터빈, 엔진 등과 복합 적용 가능
- 원자력, 신재생, 이산화탄소 저감 시스템을 적용한 화석연료 기반 시스템을 통한 제조 시 온실가스 미배출
- 수송, 전력, 산업, 가정 등 사회 전 분야로의 적용 가능

수소에 대한 관심은 미국 학계 및 자동차회사를 중심으로 생기기 시작하였고 1973년 석유파동을 거치면서 급속도로 증가하면서 미국, 유럽, 일본 등에서는 연구개발을 위한 자금 지원을 시작하였다. 이후 1980년대부터 20년 간 유가 하락으로 인해 관심이 줄었으나, 연료전지 기술이 미래 에너지 기술로서 큰 관심을 갖기 시작하였다. 1990년대 중반부터 미국을 비롯한 주요 선진국 정부 차원의 관심이 증가하기 시작하였고, 공공 및 산업체 등으

로 연구개발 규모가 크게 증가하였다. 미국의 경우 2003년 초 부시 미국 대통령이 연두교서 연설을 통해 석유를 대체할 수소에너지 및 연료전지 자동차 개발 가속화를 위해 향후 5년 간 17억달러의 정부 지원을 발표하였다. 현재 미국 정부는 매년 약 400백만\$를 수소, 연료전지 연구개발 프로그램에 투자하고 있다. 일본 정부는 METI(Ministry of Economy, Trade and Industry) 예산을 통하여 RD&D 예산을 2001년 107백만\$에서 2005년 324백만\$까지 증액하였다. 이 외 캐나다, 유럽, 아시아 국가들 역시 수소에너지 연구개발에 대한 투자를 크게 증가시키는 추세이다<sup>6)</sup>.

## 4. 주요국 수소에너지 정책 및 연구개발

대부분의 OECD 국가들은 수소 연료전지에 대한 연구개발 프로그램을 활발히 진행 중으로, 전세계 연구개발비 총액은 연간 10억\$에 이른다. 연구개발 비용의 절반 이상은 연료전지 관련 분야가 차지하며 나머지는 수소제조, 수송, 저장 그리고 이용 기술 등이 차지한다. 최근 몇 년 사이 대부분의 국가들이 연구개발비를 큰 폭으로 증액하였고 특히 미국과 EU의 증가 폭이 가장 컸다. 미국의 경우 수소 제조 분야 연구는 재생 자원을 이용한 수소 제조, 이용 분야의 경우는 수송 효율 및 안전성 향상 그리고 비용 절감 연구에 가장 큰 비중을 둔다. 연료전지와 관련해서 수송용 연료전지 시스템의 압축/팽창 기술, 열 제어 및 시스템 분석 기술, 정치형 시스템의 전력 보완 및 고온 멤브레인 기술 개발에 가장 큰 관심을 지니고 있다.

### 4.1 국내

1980년대 후반까지 대체 에너지로서 수소에너지에 대한 인식이 부족했던 우리나라의 경우, 1987년 “대체에너지기술개발이용보급촉진법”의 제정과 함께 수소 및 연료전지에 대한 관심이 부각되었고, 이후 2003년 ‘차세대 성장동력산업’으로 선정되었다. 현재 국내에 진행 중인 대표적인 수소에

f ‘한중일 석유전쟁’, 박병구 지음, 한스미디어, 2006

너지 관련 사업으로 한국에너지기술연구원의 ‘고효율 수소에너지제조·저장·이용기술개발 프론티어 사업단’과 한국과학기술연구원의 ‘수소연료전지사업단’을 꼽을 수가 있다. 과학기술부에서 2003년 출범시킨 ‘고효율 수소에너지제조·저장·이용기술개발 프론티어 사업단’은 10년간 약 천억원의 R&D 자금을 투자하여 수소제조와 운반, 저장기술과 실용화, 그리고 개발된 기술의 상용화를 위한 표준화 등의 연구사업을 추진하고 있으며, 현재 천연가스를 이용한 충전소 및 물분해 수소 제조시스템 기술의 실증을 위한 연구개발을 수행하고 있다. 2004년 산업자원부에서 출범시킨 수소연료전지 사업단은 5년간 1,500억원을 투입할 계획이며, 수소연료전지기술의 상용화를 목표로 두고 있다. 또한 수소경제 구현을 위한 비전을 제시하고 구체적인 국가계획, 로드맵, 실행 계획 수립 개발을 통해 정부 지원의 RD&D 프로그램 관리 및 조정 역할도 동시에 맡고 있다.

## 4.2 미국

현재 미국은 수소에너지 연구개발을 에너지 정책의 최우선으로 간주하고 있으며, 부시 행정부는 2001년 5월 취임 초반부터 국가 에너지 정책(National Energy Policy)을 발표하는 등 에너지와 환경 문제를 집중적으로 다루기 시작하였다. 수소경제 구축을 위한 정부의 역할을 고위험, 비경쟁 특성을 지니는 초기 연구 개발을 집중적으로 지원하는 것으로 규정하고 2002년 연구개발 부서를 만들었다. 2003년 5년 간 12억\$ 규모의 “Hydrogen Fuel Initiative”를 시작으로 연구개발 규모를 비약적으로 증가시켰고, “FreedomCar and Fuel Cell Program”을 통해 투자 비용을 5억\$ 증액하였다. EC 보고서에 따르면 미 정부는 수소 연료전지 분야 연구개발비를 2004년 195.5백만€, 2005년 239.2€, 2006년 242.1백만€로 증액하였다<sup>6)</sup>. 2005년과 2006년의 연구비 증가는 이 분야의 연구의 관심이 높아지고 있음을 보여준다. 연구비 비중은 수소에너지 분야에서는 제조와 수송, 연료전지 분

야는 스택 기술이 가장 높다. 연료전지 자동차 개발에 대한 관심이 매우 높아 이 분야 연구개발비는 2006년 83백만€ 수준에 도달하였다.

## 4.3 일본

일본은 교토 의정서를 통해 협약된 2010년까지 6%의 온실가스 감축, 원유 수입 의존 과다, 신에너지 기술 경쟁력 선두 위치 확보 등의 사항 때문에 수소 에너지 개발에 많은 투자를 쏟고 있다. 연구개발 진척도가 가장 큰 분야는 연료전지 자동차 및 이와 관련한 인프라 분야이다. 일본은 세계 최초로 2002까지 10년 동안 165백만\$ 규모의 수소연료전지 연구개발 프로그램을 수행하였다. 2003년부터 상용화 연구개발을 위해 “New Hydrogen Project(NEP)”를 시작하였고 규모를 해마다 증액하였다. 일본 정부의 수소연료전지 기술에 대한 연구개발 의지는 매우 확고하여 연구개발비를 적극적으로 지원하고 있으며 20년 이내에 기술 경쟁력을 확보할 것으로 예상하고 있다. 일본의 수소 연료전지 연구개발비 규모는 2005년 기준 미국 보다 높은 254.9백만€<sup>7)</sup>이다. 일본 정부는 신재생에너지 자원의 개발을 위해 1993년부터 2002년까지 WE-NET(World Energy Network) 프로젝트를 수행하였다. 1993~1998년 까지의 첫 번째 단계에서는 다양한 수소 기술의 가능성에 대한 연구에 주 초점을 두어 프로젝트를 수행하였고 수소에너지 네트워크에 대한 비전을 수립하였다. 두 번째 단계인 1999~2002년 기간 동안에는 채택된 수소 기술 및 향후 연구에 대한 실증 및 테스트를 중점적으로 수행하였다. 두 단계에서 소요된 연구개발 예산은 200억엔이다. 최근 2020년 까지 진행될 차기 프로젝트(Development of Fundamental Technologies in the Safe Utilization of Hydrogen)가 구상되었고 이 프로젝트는 수소 에너지 인프라의 확산에 주 초점을 두었다.

## 4.4 EU

EU는 협동 연구 및 공동 출자 등을 통한 노력

을 진행 중이며 그 목표는 교토 의정서에 따른 온실가스 배출 저감 및 에너지 공급 안정성과 기업체의 경쟁력 향상이다. EU는 20~30년 이내에 신재생 에너지와 수소 연료전지를 통한 에너지 공급 체계로의 전환을 목표로 설정하였다.

EU는 1988~1999년간 약 336개의 프로젝트를 수행하였고 연구비는 해당 약 5~6천만€에 이른다. 연구개발 수준은 독일이 가장 앞서고 있으나 가장 중요한 정책 발의는 EU(European Union) 및 EC(European Commission)에 의해 이루어진다. HLG(High-Level Group)는 EC 보고서를 통해 2020년 까지는 전체 차량의 2~5%만이 수소연료를 사용하고 2030~2040년 이후에 시장 점유율이 증가할 것으로 발표하였다. 또한 대부분의 수소를 신재생에너지와 원자력을 사용하여 생산할 수 있는 시기는 2020~2050년 부터 이루어질 것으로 내다봤다. EU는 2002~2006년 동안 수소에너지 연구개발을 위한 투자 비용을 신재생에너지 6개년 프로그램(Renewable Energy Sixth Framework Programme)을 통해 지원하였고, 투자 금액은 약 1.2억만\$ 이었다. 2005년 기준 유럽 내 국가의 연구비 투자 규모는 독일이 7.2천만€로 가장 높고, 프랑스 6천만€, 영국과 이탈리아는 각각 3천만€이었다<sup>7)</sup>. 연구개발의 궁극적 목표는 수소에너지 기술의 상용화를 앞당기는 것이며, 제조 분야의 경우 산업체 규모의 전력과 수소를 생산하는 실증 플랜트 건설이다. 유럽에서는 제조 및 저장 분야에 가장 큰 관심을 지니며 CUTE(Clean Urban Transport for Europe)와 ECTOS(Ecological City Transport System) 등의 수소연료전지 자동차 실증 프로젝트 등을 수행하였다(2001~2006년).

#### 4.5 독일

독일은 수소에너지 연구개발 분야에 있어 세계 선두 위치에 있으며, 정부는 1980년 이 후부터 수소 연료전지 연구개발을 지원하였다. 자동차 기술 강국의 특성상 연료전지 분야 연구개발을 집중적으로 수행하고 있다. 1980~1995년 동안에는 전기

분해 및 자동차 실증 연구를 중점적으로 지원하였고, 1996~2000년 기간에는 수소 연료전지 연구를 4차 에너지 연구개발 프로그램에 포함하여 연간 10백만€를 투자하였다. 자국 내 연료전지 산업체 종사자는 3000명에 이르며 정부의 수소에너지 관련 연구개발 투자 총액은 연간 4.1천만\$에 이른다. 주요 프로그램으로 다임러크라이슬러사의 정치형 MCFC 기술 개발, NEBUS 및 Citaro 연료전지 버스 개발 그리고 교통건설부의 수소 스테이션 및 수소 자동차 실증을 위한 베를린청정에너지협약(Clean Energy Partnership in Berlin), 수송에너지 전략(TES, Transport Energy Strategy) 등을 들 수 있다. 주요 연료전지 회사와 자동차 회사들은 PEM, MTU 기술에 큰 관심을 지닌다. 청정에너지 파트너쉽(Clean Energy Partnership)은 독일에서 수행한 가장 중요한 프로젝트로 평가되며, 2002년 시작되었고 독일 정부는 3.3천만€를 투자하였다.

### 5. 결 론

현재의 화석연료 의존 에너지 시스템은 환경, 경제적으로 부정적 측면이 크기 때문에 지속 불가능하다. 또한 석유 및 천연가스에 대한 의존 증가에 따른 가격 상승 및 자원 고갈로 인한 불안 증가로 안정적이며 친환경적인 에너지의 필요성이 커지고 있다. 이로 인해 최근 수소에너지가 유력한 대안 에너지로 부각되면서 미국, 일본, EU 등의 주요 국가들은 연구개발비를 큰 폭으로 증액하였다. 향후 기술, 환경, 비용 측면의 단점이 해결될 경우 수소에너지는 큰 파급 효과를 가져 올 것으로 보인다. 현재 연료전지와 같은 수소를 에너지원으로 사용하는 기술과 화석연료를 이용한 수소 생산 시 발생하는 이산화탄소를 포집, 저장하는 기술 개발이 이루어지고 있다. 또한 자동차 기업들은 몇 년 이내에 상용 연료전지 자동차를 선보일 계획을 갖고 있으며 분산형 소형 연료전지를 이용한 발전 설비도 시장에 도입되고 있다.

수소경제가 현실화되기 위해서는 기술, 비용 효과적 혁신기술의 개발이 필요하다. 기술적 진보

가 얼마나 빨리 진행될지, 그리고 이에 따른 수소 생산, 저장 등의 비용이 얼마나 감소할지 예측은 어렵지만 향후 기존 기술과 비교해 비용 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 전망된다. 혁신적인 기술개발로 인해 수소에너지 기술이 경쟁력을 갖추게 되더라도 기존 에너지 시스템을 대체하기 위해선 많은 시간과 투자가 필요하다. 수소경제로 전환하기 위해서는 최소 몇 십 년이 소요될 것으로 보이며 이를 앞당기기 위해 새로운 인프라 구축, 대중 수용성 제고, 정부의 재정/제도적 지원 등의 다각도 노력이 필요하다. 따라서 수소경제로의 전환을 위해서는 장기적인 R&D 투자가 필수적이다. 우리나라는 최근 수소에너지기술 개발을 위한 연구개발 지원을 적극적으로 수행하기 시작하여 기술개발 경쟁력이 선진국에 유사한 수준에 도달하였다<sup>8)</sup>. 향후에도 수소에너지 경제로의 전환을 위해 장기적인 관점에서 지속적인 R&D 지원이 이루어져야 할 것이다.

## 후 기

본 연구는 과학기술부의 지원으로 수행하는 21세기 프로티어연구개발사업(고효율수소에너지제조·저장·이용 기술개발사업단)의 일환으로 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

- 1) M. Asif, "Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies", *Renewable & Sustainable Energy Reviws*, Article in Process, 2006.
- 2) James P. Dorian et al., "Global Changes in Energy", *Energy Policy*, 2006, pp. 1984-1991.
- 3) *International Energy Outlook 2004*, EIA(Energy Information Administration), 2004.
- 4) *World Energy Outlook 2006*, IEA, 2006.
- 5) *World energy technology and climate policy outlook 2030*, European Commission 2003.
- 6) *The Hydrogen Economy*, UNEP, 2006, pp. 23.
- 7) *The state and prospects of Europeana energy research*, European Commision, 2006, ISSN 1018-5593, pp. 24.
- 8) 김봉진, 김종욱, 최상진, 강석훈, 강경석, "AHP를 이용한 수소에너지의 국가경쟁력 평가", *한국수소 및 신에너지학회 논문집*, 2006, Vol. 17, No. 4, pp. 461-469.